МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE



УДК 628.517.625.08 DOI 10.12737/22150

Исследования шумообразования на рабочих местах локомотивных бригад от воздействия акустического излучения внутренних источников[*]

С. Ф. Подуст[**]
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Studies on noise generation in workplaces of locomotive crews from acoustic radiation effects of the internal sources[***]

S. F. Podust[**]
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Цель исследований, результаты которых приведены в данной статье, заключалась в изучении закономерностей формирования спектров шума на рабочих местах локомотивных бригад, создаваемых звуковым излучением внутренних источников шума, и соответствия октавных уровней звукового давления санитарным нормам. Измерения проводились на грузовых и пассажирских электровозах анализатором шума и вибрации «Ассистент Total+», класс точности 1, с предусилителем ПУ-01 и микрофонным капсюлем МК233 с частотным диапазоном измерений от 2 до 40000 Гц. Экспериментальные исследования показали, что практически все внутренние источники шума создают превышения уровней звукового давления над предельно-допустимыми величинами.

Ключевые слова: акустическое излучение, рабочие места, источники шума, локомотивная бригада

The research objective is to study regularities of the noise spectra development at the working sites of locomotive brigades created by the sound radiation of the internal noise sources, and the conformity octave sound pressure levels to the sanitary standards. The investigation results are given. The measurements are carried out on freight and passenger locomotives by the noise and vibration analyzer "Assistant Total+", accuracy rating 1, with preamplifier PU-01 and MIC capsule МК233 with a frequency measurement range from 2 up to 40,000 Hz. The experimental studies have shown that almost all the internal noise sources produce the sound pressure level increase above the maximum permissible values.

Keywords: acoustic emission, working sites, noise sources, locomotive crew.

Введение. Исследованию шума подвижного состава посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных специалистов [1–10]. В этих работах изучен спектральный состав шума, создаваемого при движении во внешней среде. Следует отметить недостаточное количество исследований закономерностей шумообразования на рабочих местах локомотивных бригад, т.е. внутри кузовов. Грузовые и пассажирские электровозы имеют различные источники, излучающие звуковую энергию во внутренний воздушный объем кузовных конструкций. Экспериментальному исследованию воздействия звукового излучения внутренних источников посвящена данная статья.

Основная часть. Экспериментальные исследования шума и вибрации производились на полигонах Новочеркасского электровозостроительного завода и Ростовского электровозоремонтного завода. Уровни звукового давления измерялись в нормируемом частотном диапазоне.

При проведении экспериментов использовался анализатор шума и вибрации «Ассистент Total+», заводской №049410, класс точности 1, с предусилителем ПУ-01 и микрофонным капсюлем МК233 заводской №719 с частотным диапазоном измерений от 2 до 40000 Гц. Измерения проводились при проведении специальной оценки рабочих мест по условиям труда организацией «Центр охраны труда и промышленной безопасности». Данная организация имеет аттестат аккредитации на право проведения работ по специальной оценке условий труда, подтвержденного областью аккредитации.

Результаты измерения уровней звукового давления приведены при неподвижном электровозе и скорости движения 55 км/ч на рис. 1–6.

---

[*] Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
[**] E-mail: podustss@nevz.com
[***] The research is done within the frame of the independent R&D.

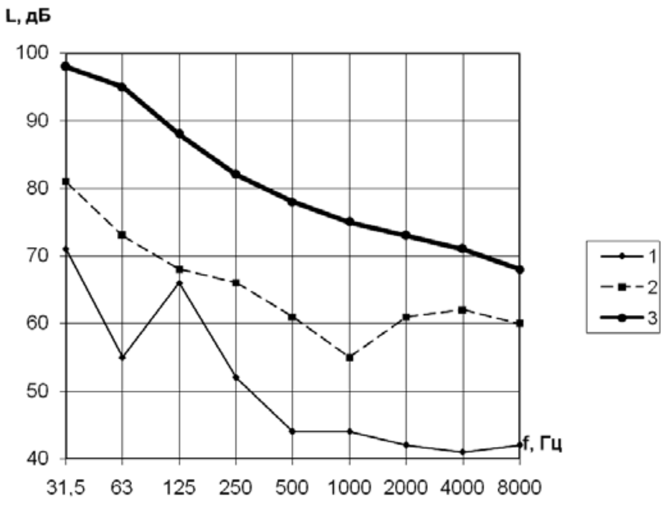


Рис. 1. Спектры шума в кабине машиниста:
1 — включена силовая установка; 2 — при движении; 3 — предельный спектр

Результаты измерений показали, что уровни звукового давления не превышают предельно-допустимых значений во всем нормируемом диапазоне частот. Уровни звукового давления в тамбуре не превышают санитарных норм при работающей силовой установке (рис. 2). При движении электровоза уровни шума в тамбуре (даже при такой невысокой скорости движения) превышают санитарные нормы в широкой полосе частот 125–8000 Гц на 5–10 дБ.

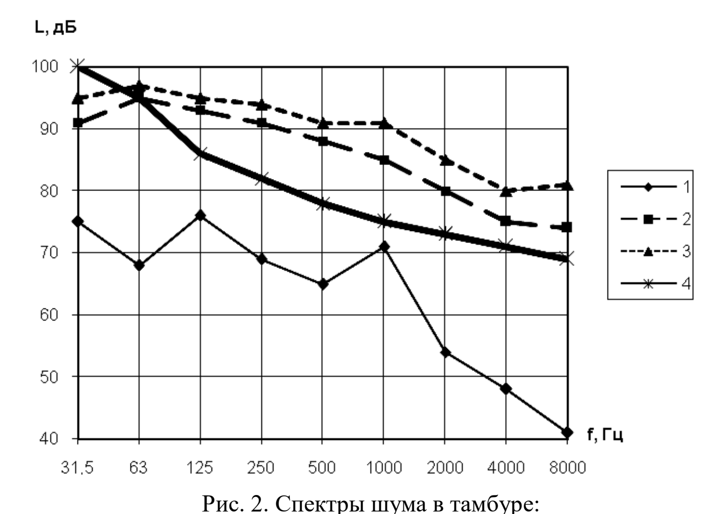


Рис. 2. Спектры шума в тамбуре:
1 — силовая установка; 2 — при движении; 3 — при открытой двери; 4 — предельный спектр

В третьей и шестой октавах уровни звукового давления достигают величин 78 и 71 дБ. Как показали результаты эксперимента при открытых дверях, уровни звукового давления увеличиваются на 2–5 дБ, что говорит о недостаточной звукоизоляции.

В секции выпрямительно-инверторного преобразователя (ВИП) уровень звукового давления в шестой октаве при неподвижном электровозе уже превышает норматив на 3 дБ (рис. 3).

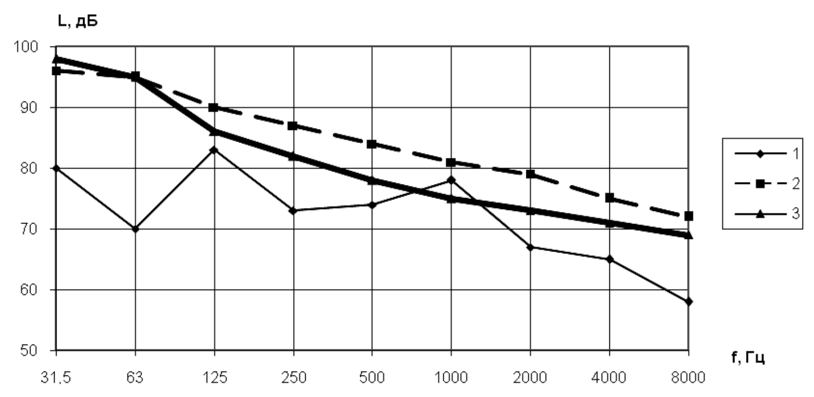


Рис. 3. Спектры шума в секции ВИП:
1 — при работающей станции; 2 — при движении; 3 — предельный спектр

При работе трансформатора уровни звукового давления достигают величин 82 дБ на частоте 125 Гц и 79 дБ на частоте 1000 Гц. Максимальное превышение норматива составляет 6 дБ в трансформаторном отсеке.

В секции трансформатора только при работающем агрегате уровень звукового давления в шестой октаве превышает норматив на 6 дБ (рис. 4).

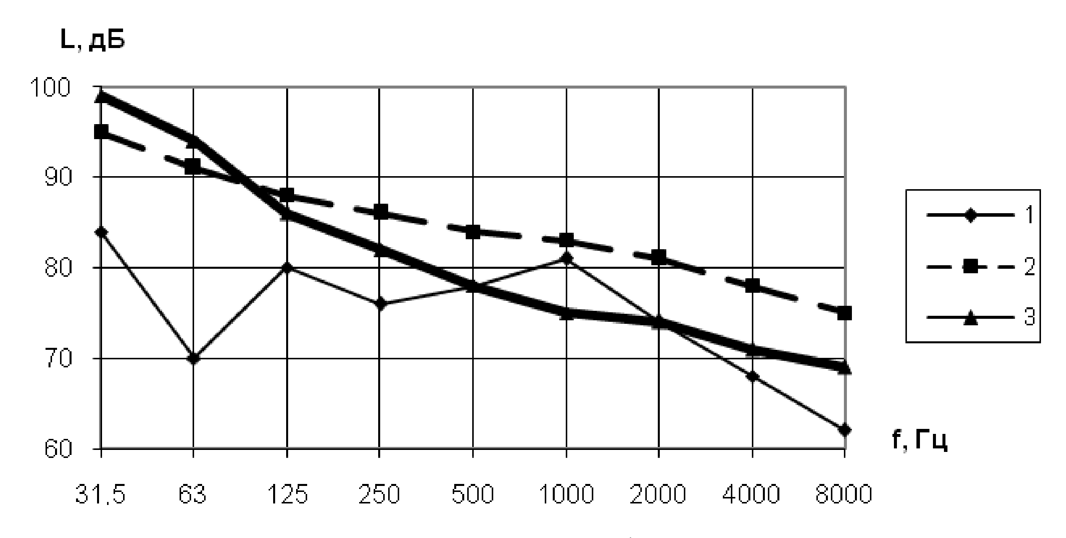


Рис. 4. Спектры шума в секции трансформатора:

1 — при работающем трансформаторе; 2 — при движении; 3 — предельный спектр

При движении формирование спектра практически не отличается от шумовой картины в секции ВИП.

Практически полностью закономерности шумообразования повторяются в секции вспомогательной машины (рис. 5). Причем эта закономерность наблюдается как при только работающем агрегате, так и при движении электровоза.

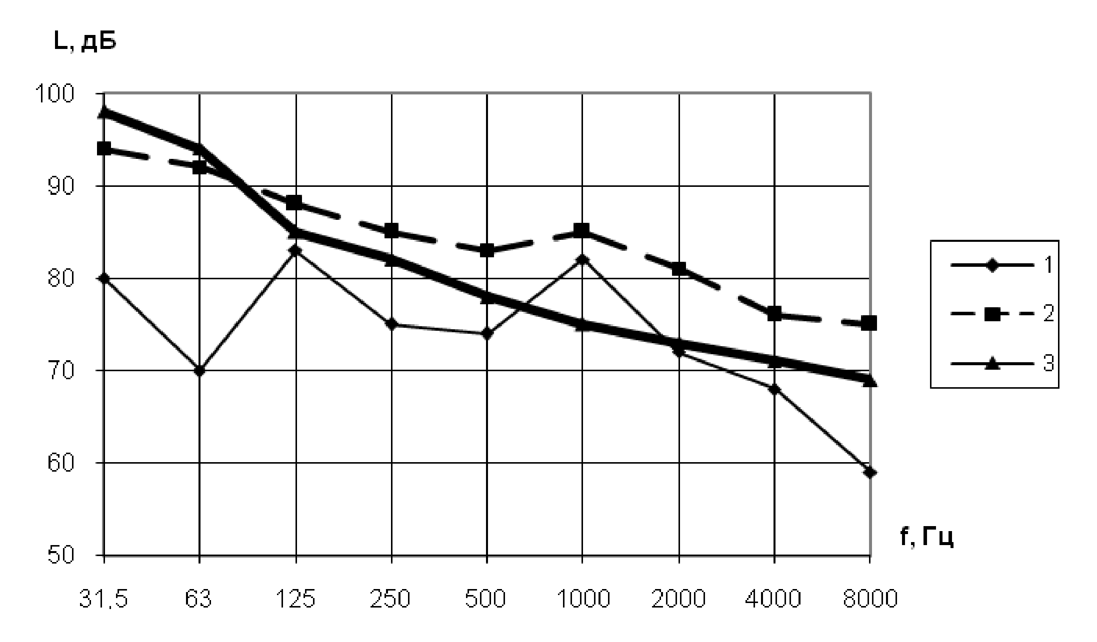


Рис. 5. Спектры шума в секции вспомогательной машины:

1 — при работающем агрегате; 2 — при движении; 3 — предельный спектр

Измерения уровней звукового давления в отсеке электрооборудования проводились при неподвижном электровозе ЭП20. Измерялись октавные уровни звукового давления возле высоковольтного блока, низковольтного блока, тягового трансформатора, тяговых преобразователей (рис. 6).

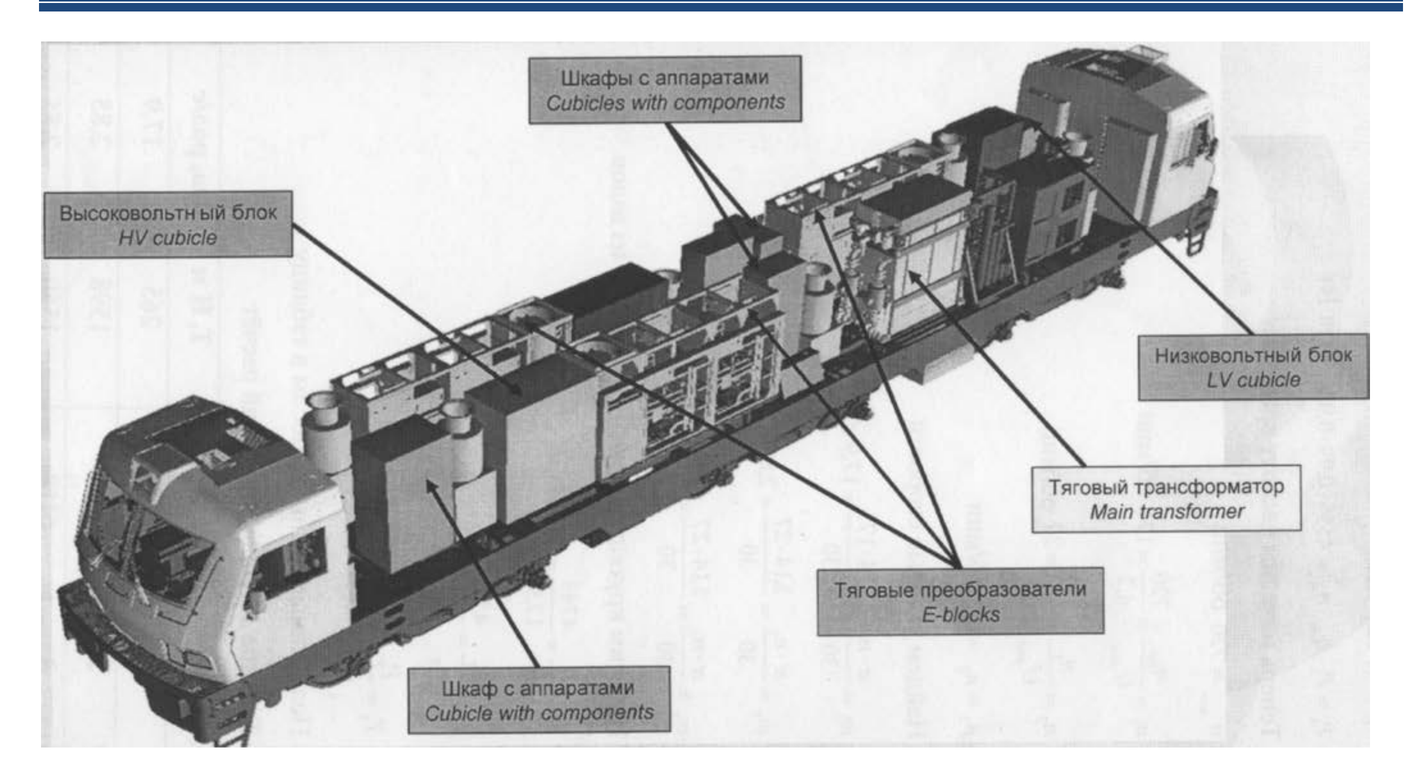


Рис. 6. Расположение оборудования на ЭП20

Результаты измерений показали, что уровни шума тягового трансформатора ЭП20 и грузового электровоза практически идентичны, т.к. разница в уровнях звукового давления находится в пределах точности измерительной аппаратуры. Уровни шума шкафов с аппаратами не превышают санитарных норм. Спектры шума высоковольтных блоков, тяговых преобразователей и низковольтного преобразователя приведены ниже. Результаты измерений показали, что спектр шума возле высоковольтного блока имеет ярко выраженный средне- и высокочастотный характер (рис. 7).

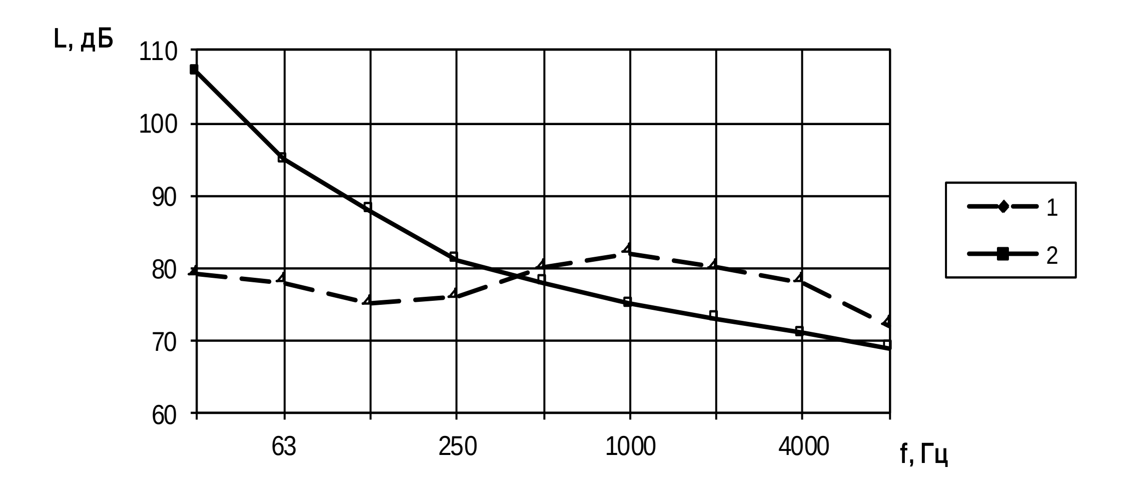


Рис. 7. Спектры шума высоковольтного блока:
1 — высоковольтный блок; 2 — норматив

Уровни звукового давления превышают предельно-допустимые значения в пятой-девятой октавах. Максимальные величины превышений зафиксированы в шестой-восьмой октавах, составляющие 7–8 дБ. В пятой и девятой октавах уровни звукового давления превышают норматив на 2 дБ.

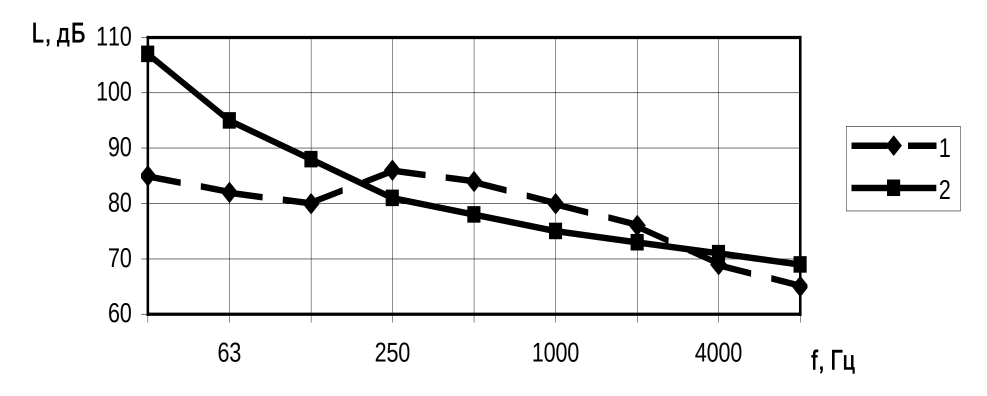


Рис. 8. Спектры шума низковольтного блока:
1 — низковольтный блок; 2 — норматив

Спектры звукового давления низковольтного блока имеют (в основном) среднечастотный характер (рис. 8). Превышения над нормативом наблюдается в четвертой-седьмой октавах и составляет 3–6 дБ.

Аналогичный состав спектра шума имеют тяговые преобразователи (рис. 9)

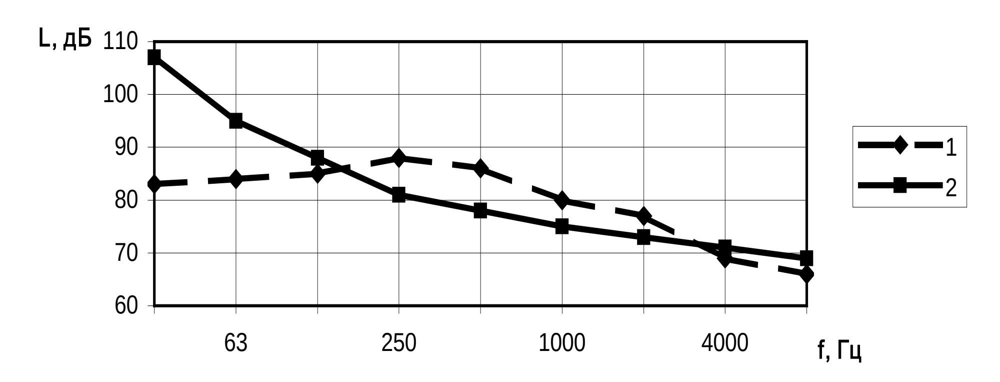


Рис. 9. Спектры шума тяговых преобразователей:
1 — тяговый преобразователь; 2 — норматив

Уровни звукового давления превышают норматив также в четвертой-седьмой октавах на 4–8 дБ.

В категории этих источников шума снизить интенсивность звукового излучения практически невозможно. Возможности снижения уровней звукового давления до санитарных норм могут быть реализованы следующими способами:

— установкой звукопоглощающих устройств на внутренних поверхностях элементов кузовных конструкций;
— установкой акустических экранов в ближнем к источникам звуковом поле;
— установкой соответствующих устройств непосредственно на излучающих звук поверхностях источников шума, выполняющих комплексную функцию звукопоглощения, вибропоглощения и звукоизоляции. Поскольку излучающие звук поверхности являются плоскими элементами, то предпочтительным является третий способ.

Несколько иная картина формирования шумовых характеристик наблюдается в секции компрессора (рис. 10).

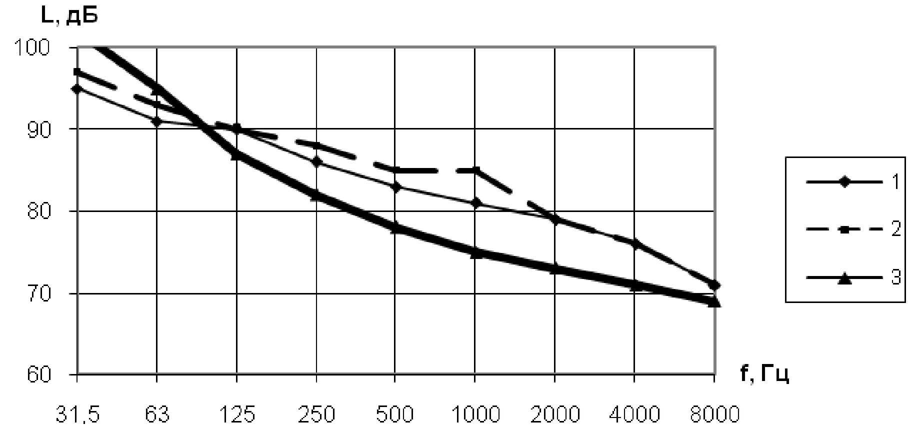


Рис. 10. Спектры шума в секции компрессора:
1 — при работающем агрегате; 2 — при движении электровоза; 3 — предельный спектр

Заключение. Следует отметить, что наиболее высокие уровни шума создает компрессор. При неподвижном электровозе уровни звукового давления превышают санитарные нормы в широкой полосе частот 125–8000 Гц. Величины превышений составляют 3–7 дБ, и максимальные значения зафиксированы в шестой-восьмой октавах (со среднегеометрическими частотами 1000, 2000, 4000 Гц) и составляют 6–7 дБ.

Полученные данные являются основой для разработки практических рекомендаций по снижению уровней звукового давления. Следует отметить, что снижение шума самих источников в условиях предприятий машиностроения изготовителей электровозов практически невозможно. Поэтому наиболее обоснованным способом является рациональный подбор систем звукопоглощения.

Библиографический список

1. Брандль, Х. Взаимодействие оснований и сооружений высокоскоростных железных дорог / Х. Брандль, А. Паульмичл // Материалы межд. XIII Дунайско-Европейской конференции по геотехнике (Любляна, Словения, 29–31 мая 2006) // Развитие городов и геотехническое строительство. — 2007. — №11. — С. 157–164.

2. Браун, В. Оценка воздействия вибраций от железнодорожного транспорта / В. Браун // Железные дороги мира. — 1985. — №8. — С. 70–74.

3. Бюхлер, С. Измерение уровня шума с учётом числа колёсных пар и длины вагона / С. Бюхлер // Железные дороги мира. — 2009. — №3. — С. 55–57.

4. Бюхлер, С. Снижение уровня шума в кривых / С. Бюхлер, Б. Таллемер // Железные дороги мира. — 2009. — №6. — С. 70–76.

5. Гёсснер, Р. Снижение уровня шума на железнодорожном транспорте Европы / Р. Гёсснер // Железные дороги мира. — 2008. — №3. — С. 62–66.

6. Томпсон, Д. Малошумный путь / Д. Томпсон, С. Джонс // Железные дороги мира. — 2002. — №9. — С. 1–9.

7. Дайшль, Ф. Защита от шума и вибрации на подземных участках железной дороги и метрополитена / Ф. Дайшль // Железные дороги мира. — 1985. — №1. — С. 1–11.

8. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. — Москва : Логос, 2010. — 424 с.

9. Кабаяси, М. Исследование вибрации и шума из-за неровностей на поверхности катания модели колеса / М. Кабаяси, Т. Наито // Железные дороги мира. — 1984. — № 7. — С. 131–132.

10. Кзольбе, К. Акустический аспект шероховатости рельсов и колёс / К. Кзольбе // Железные дороги мира. — 2010. — №12. — С. 71–74.

References

1. Brandl, H., Paulmichl, A. Vzaimodeystviye osnovaniy i sooruzheniy vy-sokoskorostnykh zheleznykh dorog. [Interaction of high-speed rail lines foundations and facilities.] Materialy mezhd. XIII Dunaysko-Yevropeyskoy konferentsii po geotekhnike (Lyublyana, Sloveniya, 29–31 maya 2006) [Proc. Int. XIII Danube-European Conference on Geotechnical Engineering (Ljubljana, Slovenia, 29-31 May 2006)] Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo, 2007, no. 11, pp. 157-164 (in Russian).

2. Braun, V. Otsenka vozdeystviya vibratsiy ot zheleznodorozhnogo transporta. [Assessment of the impact of vibrations from railway transport.] Zheleznye dorogi mira, 1985, no. 8, pp. 70-74 (in Russian).

3. Bühler, S. Izmereniye urovnya shuma s uchotom chisla kolosnykh par i dliny vagona. [Measurement of the noise level taking into account the number of wheelsets and carriage length.] Zheleznye dorogi mira, 2009, no. 3, pp. 55-57 (in Russian).

4. Bühler, S., Tallemer, B. Snizheniye urovnya shuma v krivykh. [Reduction of noise in curves.] Zheleznye dorogi mira, 2009, no. 6, pp. 70-76 (in Russian).

5. Gössner, R. Snizheniye urovnya shuma na zheleznodorozhnom transporte Yevropy [Noise reduction in railway transport in Europe.] Zheleznye dorogi mira, 2008, no. 3, pp. 62-66 (in Russian).

6. Tompson, D., Jones, S. Maloshumnyy put'. [Low-noise track.] Zheleznye dorogi mira, 2002, no. 9, pp. 1-9 (in Russian).

7. Deishl, F. Zashchita ot shuma i vibratsii na podzemnykh uchastkakh zheleznoy dorogi i metropolitena [Protection against noise and vibration in underground railway stations and metro.] Zheleznye dorogi mira, 1985, no. 1, pp. 1-11 (in Russian).

8. Ivanov, N.I. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika bor'by s shumom. [Engineering acoustics. Theory and practice of noise control.] Moscow: Logos, 2010, 424 p. (in Russian).

9. Kobayashi, M., Naito, T. Issledovaniye vibratsii i shuma iz-za nerovnostey na poverkhnosti kataniya modeli kolesa [Vibration and noise of model wheel due to tread roughness.] Zheleznye dorogi mira, 1984, no. 7, pp. 131-132 (in Russian).

10. Czolbe, C. Akusticheskiy aspekt sherokhovatosti rel'sov i kolos. [Acoustic aspect of the roughness of rails and wheels.] Zheleznye dorogi mira, 2010, no. 12, pp. 71-74 (in Russian).

Поступила в редакцию 27.08.2016
Сдана в редакцию 27.08.2016
Запланирована в номер 30.09.2016

Received 27.08.2016
Submitted 27.08.2016
Scheduled in the issue 30.09.2016